

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Mai 2002 (16.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/38492 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B81B 7/00**

[DE/DE]; Hermann-Schütz-Strasse 22, 71263 Weil der
Stadt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/03882

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Oktober 2001 (10.10.2001)

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 55 081.9 7. November 2000 (07.11.2000) DE

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

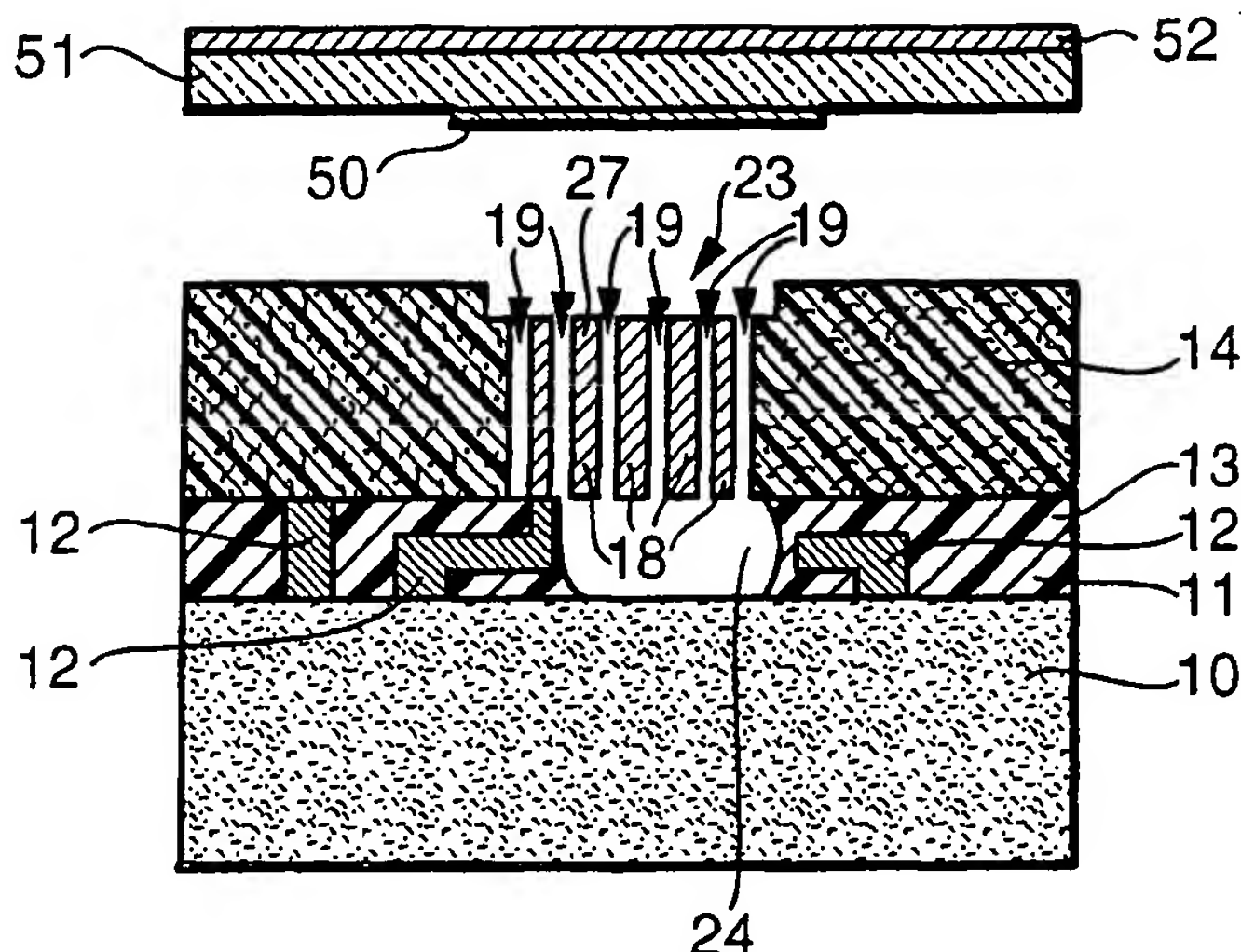
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LAERMER, Franz**

(54) Title: MICROSTRUCTURE COMPONENT

(54) Bezeichnung: MIKROSTRUKTURBAUELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a microstructure component, in particular, a masked micromechanical sensor element, whereby at least one microstructure (18) that is structured, in particular, out of silicon layer (14) is masked with a glass body (51). The invention also provides that at least the area of the glass body (51) overlapping the microstructure (18) is provided with an electrically conductive coating (50) on its side facing said microstructure (18).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Mikrostrukturbauelement, insbesondere ein verkapptes mikromechanisches Sensorelement vorgeschlagen, wobei mindestens eine, insbesondere aus einer Siliziumschicht (14) herausstrukturierte

Mikrostruktur (18) mit einem Glaskörper (51) verkappt ist. Weiter ist vorgesehen, dass zumindest der die Mikrostruktur (18) überdeckende Bereich des Glaskörpers (51) auf seiner der Mikrostruktur (18) zugewandten Seite mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung (50) versehen ist.

WO 02/38492 A1

Mikrostrukturbauelement

Die Erfindung betrifft ein Mikrostrukturbauelement, insbesondere ein verkapptes mikromechanisches Sensorelement, nach der Gattung des Hauptanspruches.

Stand der Technik

Aus US 5,756,901 ist ein in Oberflächenmikromechanik hergestellter Beschleunigungssensor und ein Schichtsystem zur Herstellung eines solchen Sensors bekannt, der zum Schutz vor äußeren Einflüssen wie Feuchtigkeit oder Schmutzpartikeln sowie auch zur Aufrechterhaltung eines Vakuums mit einer Kappe versehen ist. Weiter ist auch aus DE 195 37 814 A1 ein Sensor und ein Verfahren zu dessen Herstellung bekannt, bei dem aus einer Siliziumschicht ein bewegliches Sensorelement mit Hilfe oberflächenmikromechanischer Verfahren herausstrukturiert worden ist.

Ein bekanntes, beispielsweise in DE 195 37 814 A1 beschriebenes Verfahren zu Verkappung von Sensorelementen ist das sogenannte „Bonden“ von Siliziumkappen durch eine Seal-Glas-Lotverbindung, was jedoch aufgrund des Fließverhaltens des Lots große Flächenvorhalte erfordert. Alternative, platzsparendere Verfahren ohne Flächenvorhalte beruhen auf einem sogenannten „anodischen Bondprozess“ wobei Pyrex-Glas oder ein

ähnliches Glas mit einer Siliziumschicht verbunden wird, indem eine elektrische Spannung von 1000 V oder mehr bei einer Temperatur von beispielsweise 400°C angelegt wird, so dass durch eine Ladungstrennung im Glas (Na^+ -Ionen bzw. O^{2-} -Ionen) nach einer zunächst reversiblen Adhäsionsphase eine hochfeste Verbindung zwischen Pyrex und Silizium entsteht.

Im Einzelnen ist es bei einem derartigen anodischen Bonden einer Kappe bzw. einer Platte aus Pyrex-Glas über oberflächenmikromechanischen Sensorstrukturen üblich, diese zunächst so vorzustukturieren, dass sie im Bereich der Sensorstrukturen eine Ausnehmung aufweist, und sie anschließend mit dem Silizium, aus dem die Sensorstrukturen herausstrukturiert worden sind, hermetisch dicht zu verbinden. Dabei tritt jedoch das Problem auf, dass durch die hohe angelegte elektrische Spannung die freitragenden bzw. beweglichen Sensorstrukturen elektrostatisch ausgelenkt werden, und teilweise mit der Glasplatte verkleben. Diese Gefahr wird weiter dadurch verstärkt, dass Pyrex-Glas gute Adhäsionseigenschaften gegenüber Silizium zeigt und auf seiner Oberfläche elektrische Ladungen speichert, die auch ohne äußere Einwirkung Kräfte auf die Sensorstrukturen ausüben und damit deren Funktion beeinträchtigen. Im Übrigen sind für einen häufig gewünschten Vorderseitenkontakt der Sensorstrukturen Durchgangsöffnungen in der Kappe vorzusehen.

Wird andererseits die Ausnehmung so stark vertieft, dass die elektrostatische Anziehung auf ein tragbares Maß reduziert ist, so kann eine solche Kappe nicht mehr gleichzeitig als oberer Anschlag zum Schutz der erzeugten mikromechanischen Strukturen dienen, d.h. diese werden im Überlastfall, beispielsweise bei mechanischen Schocks bei Beschleunigungssensorstrukturen, nach oben unbehindert soweit ausgelenkt, bis sie zerstört sind. Im Übrigen ist eine Strukturierung von Pyrex-Glas problematisch, wenn Ätztiefen von einigen 10 µm erforderlich sind.

Nachteilig beim Verkappen durch anodisches Bonden von Pyrex-Glas auf Silizium ist weiter, dass dabei aus offenen Glasflächen Sauerstoff freigesetzt wird, so dass in der Praxis niedrigste Drücke von ca. 100 mbar unter solchen Kappen einschließbar sind, was bei in Oberflächenmikromechanik hergestellten Drehratensensoren bei Weitem nicht ausreichend ist, die im Allgemeinen Arbeitsdrücke um 1 mbar benötigen. Zur Überwindung dieses Problems wurde bereits vorgeschlagen, Gettermaterialien einzusetzen, die Sauerstoff in der von der Kappe gebildeten Kaverne binden. Dieses Vorgehen ist jedoch teuer und prozesstechnisch aufwendig.

Schließlich ist beim Verkappen von Mikrostrukturbauelementen bekannt, einen Siliziumwafer als Kappenwafer einzusetzen, der oberflächlich mit einer Glasschicht, beispielsweise einer Pyrex-Glasschicht, versehen ist. Diese wird dann auf eine gewünschte Dicke abgeschliffen, poliert und schließlich mit einer Strukturierung in Form einer Kaverne als Kappe für das Sensorelement versehen. Insgesamt wird damit einerseits der Austritt von Sauerstoff in das Kaverneninnere reduziert, und andererseits kann der die eigentliche Kappe bildende, elektrisch leitende Siliziumwafer, wenn auch verfahrenstechnisch aufwendig, elektrisch kontaktiert werden, was der Gefahr elektrostatischer Aufladung vorbeugt. Auch in dieser Ausführungsform ist aber die Gefahr des elektrostatischen Kollaps und eines Verklebens der verkappten mikrostrukturierten Sensorelemente mit der Pyrex-Glasschicht oder einem freiliegenden Siliziumbereich am Boden der Kaverne in der Pyrex-Glasschicht weiterhin gegeben. Zudem kann auch in diesem Fall die Kappe vielfach nicht als Anschlag zur Begrenzung einer vertikalen Auslenkung der verkappten Mikrostrukturen im Überlastfall dienen, da infolge relativ hoher Toleranzen beim Schleifen und Polieren, die Dicke der Pyrex-Glasschicht, die den Abstand des Kavernenbodens von Mikrostruktur bestimmt, zu groß ist, um die Auslenkung wirksam zu begrenzen, oder andererseits

zu klein ist, um beim anodischen Bonden einen elektrostatischen Kollaps ausschließen zu können. Zudem stellt das Zurückschleifen der Pyrex-Schicht mit hoher Präzision einen erheblichen Kostenfaktor dar, wobei man stets mit Restdickentoleranz von $\pm 5 \mu\text{m}$ rechnen muss. Insofern muss die Restdicke dieser Schicht auf mindestens $20 \mu\text{m}$ ausgelegt sein, was sie als Anschlag wirkungslos macht. Überdies ist die Strukturierung von ca. $20 \mu\text{m}$ dicken Pyrex-Glasschichten durch Plasmen oder Flusssäurelösungen aufwendig und zeitintensiv.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Mikrostrukturbauelement hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass damit eine sichere, hermetisch dichte und zuverlässige Verkappung von insbesondere in Oberflächenmikromechanik hergestellten Sensorelementen gegeben ist, ohne dass die Gefahr eines elektrostatischen Kollaps durch übermäßige Auslenkung in Richtung auf den Glaskörper besteht. Insofern kann eine bei der Verbindung von Glaskörper mit beispielsweise einer Siliziumschicht angelegte elektrische Spannung frei gewählt werden, ohne Rücksicht auf die Mikrostrukturen nehmen zu müssen, da diese erfindungsgemäß allseitig vor unerwünschten elektrischen Feldern abgeschirmt sind.

Daneben ist auch eine elektrostatische Aufladung der Kappeninnenseite während des Betriebs des Mikrostrukturbauelementes ausgeschlossen, und es ist vorteilhaft möglich, das Kappeninnere auf ein definiertes Potential zu legen bzw. die elektrisch leitfähige Beschichtung im Kappeninneren von außen ohne wesentlichen Aufwand elektrisch zu kontaktieren.

Weiter ist vorteilhaft, dass ein Austritt von Sauerstoff aus dem Glaskörper auf seiner den Mikrostrukturen zugewandten Seite durch die Beschichtung verhindert wird, und dass auch ein hoch-

präziser Schleifprozess oder eine tiefe Strukturierung des Glaskörpers entfallen kann. Zudem kann der Glaskörper nun ohne Zusatzkosten gleichzeitig die Funktion eines vertikalen Anschlags zur Begrenzung der vertikalen Auslenkung der Mikrostrukturen im Überlastfall übernehmen, d.h. es wird eine Verkappung erzielt, die die Vorteile der anodischen Bondtechnik mit einer Anschlagsfunktion verbindet, und die einen relevanten Sauerstoffaustritt aus dem Glaskörper ausschließt. Die aufgebrauchte elektrisch leitfähige Beschichtung wirkt somit sehr vorteilhaft auch als Versiegelung und als Diffusionssperre für Sauerstoffionen, so dass auch niedrige Drücke von beispielsweise 1 mbar, wie sie für Drehratensensoren erforderlich sind, ohne zusätzliche Maßnahmen wie das erläuterte Einbringen von Gettermaterialien über lange Zeiten in dem verkappten Mikrostrukturbauelement aufrecht erhalten werden können.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

So ist vorteilhaft, wenn auch die der Mikrostruktur abgewandte Seite des Glaskörpers, d.h. die Außenseite der Kappe, eine elektrisch leitfähige Schicht aufweist, da sich dann die beim Bonden angelegte elektrische Spannung homogen über die gesamte Oberfläche des Glaskörpers verteilt. Zudem erlaubt diese Schicht bei späteren Rückseiten-Strukturierungsprozessen der Siliziumschicht, aus der die jeweiligen Mikrostrukturen bevorzugt herausstrukturiert sind, ein elektrostatisches Halten des Siliziumwafers in einer Plasma-Ätzanlage. Überdies ist vorteilhaft, dass diese Schicht auch erst in einem späteren Prozessstadium, beispielsweise unmittelbar vor der Durchführung einer Rückseitenätzung, aufgebracht werden kann.

Weiter ist vorteilhaft, dass bei dem Verbinden des Glaskörpers mit der Siliziumschicht, das bei erhöhten Temperatur von bei-

spielsweise 400°C erfolgt, zumindest partiell eine Legierung zwischen der auf der Innenseite der Kappe bzw. des Glaskörpers aufgetragenen Beschichtung aus Metall und dem Silizium gebildet wird, was zu einem besonders guten ohm'schen Kontakt mit niedrigem Übergangswiderstand zwischen der Metallbeschichtung und dem Silizium in den Randbereichen führt. Auf diese Weise werden zudem die eingeschlossenen Mikrostrukturen weiter gegen elektrische Felder und Ladungen abgeschirmt.

Im Fall einer Metallschicht als elektrisch leitfähige Beschichtung ist vorteilhaft, dass diese geringe Adhäsionskräfte auf Silizium ausübt und damit eine geringe Klebeneigung zeigt. Zudem können dadurch, dass diese Metallschicht elektrisch an das Siliziumsubstrat angebunden bzw. über eine separate Kontaktfläche von außen zugänglich ist, Spannungsdifferenzen zwischen den Mikrostrukturen und der Kappenunterseite, d.h. der Metallschicht, wirksam unterdrückt oder für spezielle Anwendungen definiert eingestellt werden. Eine solche Spannungsunterdrückung kann vorteilhaft dadurch erfolgen, dass die Metallbeschichtung des Glaskörpers auf dessen Innenseite dynamisch mit dem Potential der Mikrostrukturen mitgeführt wird.

Sofern zunächst eine Kaverne in dem Glaskörper oberhalb des von den Mikrostrukturen eingenommenen Bereiches erzeugt und anschließend die elektrisch leitfähige Beschichtung, beispielsweise in Form einer Metallschicht, auf den Glaskörper und die Innenseiten der Kaverne aufgebracht worden ist, ergibt sich die Möglichkeit, anstelle eines Fotoprozesses und eines anschließenden Ätzens zur Strukturierung der Metallbeschichtung den beispielsweise als Pyrex-Glasplatte vorliegenden Glaskörper einfach abzupolieren, und ihn damit flächig von überstehendem Metall zu befreien. Dadurch entsteht vorteilhaft in dem Rand- oder Kantenbereich der Kaverne ein planarer Übergang von Glas auf Metall.

In diesem Fall ist zudem vorteilhaft, wenn die Metallschicht deutlich dicker, beispielsweise 0,5 µm bis 5 µm dick ausgeführt ist, da dies in dem Randbereich, d.h. dem durch das Polieren erzeugten planaren Übergang, zu einem größeren und verbesserten Überlapp von Metall und Silizium führt. In diesem Überlapp entsteht dann bei dem nachfolgenden anodischen Bonden zumindest punktuell eine Metall-Silizium-Legierung, was einen besonders guten elektrischen Kontakt der Metallschicht mit der Siliziumschicht gewährleistet. Diese Vorgehensweise hat zudem den Vorteil, dass auf der Glasschicht keine das Bonden beeinträchtigenden Topografieunterschiede auftreten. Zudem führt die dickere Metallschicht zu einer weiter verbesserten elektrischen Abschirmung und Diffusionssperrwirkung.

In dem Fall, dass der Glaskörper als dünne Glasschicht ausgeführt ist, die auf ihrer der Mikrostruktur abgewandten Seite mit einem Tragkörper, vorzugsweise einer Siliziumschicht oder einem Siliziumwafer, verbunden ist, wird eine verbesserte Anpassung von Glaskörper und der Siliziumschicht hinsichtlich auftretender mechanischer Spannungen erreicht, da der mechanische Einfluss der Glasschicht aufgrund ihrer gegenüber einer freien Glasplatte deutlich reduzierten Dicke abnimmt.

Weiter ist in diesem Fall auch das Vereinzeln der Mikrostrukturbauelemente auf einem Wafer nach der Herstellung vereinfacht, da dies nunmehr durch Durchsägen des kompletten Schichtaufbaus in einem einzigen Sägeschnitt erfolgen kann. Demgegenüber sind bei Verwendung einer dickeren Glasplatte ohne Tragkörper zwei Sägeschritte, einer für die Glasplatte und einer für das Substrat, d.h. den Siliziumwafer, erforderlich.

Im Übrigen sorgt der Tragkörper in Form eines Siliziumwafers für eine gegenüber einer Glasplatte homogenere Aufbringung der beim Bonden angelegten elektrischen Spannung, d.h. auf die bereits

erläuterte zusätzliche Leitschicht auf der Außenseite der Kappe kann verzichtet werden. Schließlich ist in diesem Fall vorteilhaft, dass nur geringe Anforderungen an die Genauigkeit der Restschichtdicke nach einem Schleif- und Polierprozess gestellt werden müssen, was diesen relativ kostengünstig macht.

Insgesamt erkaufte man sich somit den Vorteil des einfacheren und kostengünstigeren Sägeprozesses durch eine etwas aufwendigere Prozessierung der Glasschicht und des damit verbundenen Tragkörpers.

Zusammenfassend hat das Mikrostrukturbauelement den Vorteil, dass zu seiner Herstellung lediglich relativ einfache, leicht beherrschbare Strukturierungsprozesse erforderlich sind, und dass gleichzeitig eine erhebliche Reduktion des Verbrauchs an Chipfläche beim Verkappen erreicht wird. Weiter ist es zur Strukturierung des Glaskörpers mit einer Kaverne lediglich erforderlich, den Glaskörper einige μm tief zu ätzen, wozu auch Lackmasken einsetzbar sind.

Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnung und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Figuren 1 bis 3 Verfahrensschritte beim Verkappen eines Mikrostrukturbauelementes im Rahmen eines ersten Ausführungsbeispiels im Schnitt, die Figuren 4 bis 6 analoge Verfahrensschritte eines zweiten Ausführungsbeispiels, die Figuren 7 bis 9 analoge Verfahrensschritte eines dritten Ausführungsbeispiels, Figur 10 einen zu Figur 4 oder Figur 7 analogen Verfahrensschritt eines fünften und Figur 11 einen entsprechenden Verfahrensschritt eines sechsten Ausführungsbeispiels.

Ausführungsbeispiele

Die Figuren 1 bis 3 erläutern ein erstes Ausführungsbeispiel eines Mikrostrukturbauelementes. Figur 1 zeigt zunächst einen Siliziumwafer als Substrat 10 im Schnitt, auf dem in bekannter Weise eine untere Isolationsschicht 11 aus einem Oxid bzw. Isolationsoxid aufgebracht worden ist. Auf der unteren Isolationsschicht 11 befindet sich weiter eine an sich bekannte Leitstruktur 12, die beispielsweise aus vergrabener Polysilizium besteht. Auf der vergrabenen Leitstruktur 12 bzw. der unteren Isolationsschicht 11 ist dann analog der unteren Isolationsschicht 11 eine obere Isolationsschicht 13 aus einem Oxid bzw. einem Isolationsoxid abgeschieden, auf der wiederum eine Siliziumschicht 14 aus Polysilizium mit einer Dicke von 10 µm bis 100 µm abgeschieden ist. Das Substrat 10, die Leitstruktur 12 und die Siliziumschicht 14 sind vom gleichen Dotierungstyp, d.h. p-dotiert oder bevorzugt n-dotiert.

Aus der Siliziumschicht 14 sind weiter in bekannter Weise durch geeignete Maskierungen und Ätztechniken zumindest weitgehend freitragende Mikrostrukturen 18 herausstrukturiert worden, die über Gräben 19 voneinander getrennt sind. Insofern ist die Siliziumschicht 14 der „Bondrahmen“ für die Mikrostrukturen 18. Weiter ist mindestens eine Mikrokontaktierungsstruktur 27 als Teil des Mikrostrukturbauelementes vorgesehen, die mit der Leitstruktur 12 elektrisch leitend verbunden ist, und über die die einzelnen Mikrostrukturen 18 elektrisch ansteuerbar sind. Unterhalb der Mikrostrukturen 18 ist eine erste Ausnehmung 24 vorgesehen, so dass die Mikrostrukturen 18 weitgehend freitragend in der Siliziumschicht 14 aufgehängt sind. Im Übrigen ist vorgesehen, dass die Mikrostrukturen 18 und die Mikrokontaktierungsstruktur 27 gegenüber der Siliziumschicht 14 in bekannter Weise rückgesetzt bzw. „versenkt“ sind, so dass oberhalb von diesen

eine zweite Ausnehmung 23 entsteht, die eine Tiefe von beispielsweise 5 μm bis 10 μm aufweist. Die einzelnen Verfahrensschritte zum Erzeugen des Mikrostrukturbauelementes gemäß Figur 1 sind, abgesehen von der nachfolgend erläuterten Verkappung, an sich aus der Herstellung von Beschleunigungssensoren bekannt. Insbesondere ist das Herstellen „versenkter“ Strukturen in Oberflächenmikromechanik aus der Anmeldung DE 199 40 512.3 bekannt.

Die Figur 1 zeigt weiter eine Glasschicht 51, die in Form einer Pyrex-Glasplatte von beispielsweise 0,5 mm Dicke ausgebildet ist. Auf dieser Glasschicht 51 ist dann auf der den Mikrostrukturen 18 zugewandten Seite eine dünne Beschichtung 50 in Form einer Metallschicht aufgebracht und so strukturiert, dass sie den Bereich der zweiten Ausnehmung 23, d.h. insbesondere den von den Mikrostrukturen 18 und der Mikrokontaktierungsstruktur 27 eingenommenen Bereich, überdeckt und gleichzeitig umlaufend über die von der zweiten Ausnehmung 23 in Draufsicht eingenommene Fläche hinausgeht.

Schließlich ist vorgesehen, dass die Glasschicht 51 auf ihrer den Mikrostrukturen 18 abgewandten Seite ganzflächig mit einer Leitschicht 52, beispielsweise mit einer Metallschicht, versehen ist. Diese Leitschicht 52 ist, wie bereits erläutert, teilweise vorteilhaft bei der weiteren Herstellung des Mikrostrukturbauelementes, jedoch nicht zwingend.

Die Figur 2 erläutert einen auf Figur 1 folgenden Verfahrensschritt, wobei die Glasschicht 51 mit der Beschichtung 50 und der Leitschicht 52 mit der Oberfläche der Siliziumschicht 14 in Kontakt gebracht worden ist. Danach wurde das Substrat 10 geerdet und eine elektrische Spannung zwischen der Glasschicht 51 und dem Substrat 10 von typischerweise 1000 V bei einer Temperatur von beispielsweise 400° angelegt. Dieses Verfahren, das als „anodisches Bonden“ bezeichnet

net wird, führt zu einer innigen, hermetisch dichten Verbindung der Glasschicht 51 mit der Siliziumschicht 14.

5 Unter hermetisch dicht wird dabei eine Verbindung verstanden, die sowohl gasdicht als auch gegenüber Feuchtigkeit dicht ist.

10 Die Figur 2 zeigt weiter, dass sich durch das Verbinden von Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14 die Beschichtung 50 in einem Randbereich 55 zwischen Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14 befindet. Dieser Randbereich 55 ist in Draufsicht, je nach Form der zweiten Ausnehmung 23, beispielsweise ringförmig, bevorzugt jedoch in sich geschlossen.

15 Da die Beschichtung 50 im erläuterten Beispiel eine Dicke von 3 nm bis 100 nm, vorzugsweise 10 nm bis 50 nm, aufweist, verbleibt ein Taschenbereich 54 zwischen Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14 nicht gebondet, d.h. in diesem Bereich ist die Siliziumschicht 14 nicht mit der Glasschicht 51 in
20 Kontakt, wobei dessen Ausdehnung offensichtlich von der Dicke der Beschichtung 50 abhängt. Er erstreckt sich typischerweise über einen Bereich von 5 bis 10 mal der Dicke der Beschichtung 50.

25 Da es bei dem Verbinden der Glasschicht 51 mit der Siliziumschicht 14 auch zu einem innigen, insbesondere elektrisch leitfähigen Kontakt zwischen der Siliziumschicht 14 und der Beschichtung 50 kommt; ist die Beschichtung 50 während des gesamten Vorganges des anodischen Bondens ungeachtet der hohen angelegten elektrischen Spannung und auch nach Abschluss
30 des Bondens auf das Potential der Siliziumschicht 14 und darüber des Substrates 10 fixiert, mit dem auch die Mikrostrukturen 18 über die Mikrokontaktierungsstruktur 27 und die Leitstruktur 12 in Verbindung stehen. Insofern werden

die Mikrokontaktierungsstrukturen 18 durch die Beschichtung 50 wirksam gegenüber elektrischen Feldern und Ladungen abgeschirmt. Im Übrigen sei erwähnt, dass durch die geringe Dicke der Beschichtung 50 die Ausdehnung des Taschenbereiches 54 vernachlässigbar ist, und die erzielte Verkappung nicht nennenswert beeinträchtigt.

Insgesamt ist somit nach Abschluss des Verfahrensschrittes gemäß Figur 2 ein Hohlraum 40 oberhalb der Mikrostrukturen 18 entstanden, der eine Tiefe entsprechend der Höhe der Ausnehmung 23 aufweist.

Die Figur 3 erläutert die abschließenden Verfahrensschritte zur Fertigstellung des Mikrostrukturbauelementes, bei denen zur elektrischen Kontaktierung der Mikrokontaktierungsstruktur 27 bzw. darüber der Mikrostrukturen 18 von der Rückseite des Substrates 10 in üblicher Weise Isolationsgräben 26 eingätzt werden, die in der Tiefe bis zu der unteren Isolations-schicht 11 reichen. Durch diese Isolationsgräben 26 werden Anschlusskontaktierungsstrukturen 25 definiert, die einerseits mit einer üblichen Metallisierung in Form von Kontaktflächen 28 versehen sind, und die andererseits mit den Leitstrukturen 12 in Verbindung stehen. Die Kontaktflächen 28 sind im erläuterten Beispiel Metallflächen, beispielsweise aus Aluminium, Aluminium-Silizium, Aluminium-Silizium-Kupfer, Chrom/Gold oder Wolfram-Titan/Gold. Im Übrigen ist, wie in Figur 3 angedeutet, die Beschichtung 50 über die Siliziumschicht 14 und eine Leitstruktur 12 bevorzugt ebenfalls über eine Anschlußkontaktierungsstruktur 25 und eine Kontaktfläche 28 elektrisch zugänglich. Dabei sei jedoch betont, dass bei geeigneter Perforierung der Glasschicht 51 analog DE 195 37 814 A1 alternativ auch eine elektrische Kontaktierung von der Vorderseite der Siliziumschicht 14 möglich ist. Dazu ist lediglich die Glasschicht 51 derart

vorzustrukturieren, dass sie im Bereich ebenfalls vorderseitig angelegter Anschlussflächen der Mikrokontaktierungsstruktur 27 bzw. der Mikrostrukturen 18 Durchtrittsöffnungen, sogenannte Kontaktlöcher, aufweist, durch die dann später
5 die zwischen Siliziumschicht 14 und Glasschicht 51 befindlichen Anschlussflächen, beispielsweise mittels Draht-Bonden, kontaktiert werden können.

Weiter sei erwähnt, dass der Abstand der Mikrokontaktierungsstrukturen 18 von der Beschichtung 50 gemäß Figur 3
10 durch die Höhe des Hohlraums 40 gegeben ist, d.h. die Beschichtung 50 und die damit verbundene Glasschicht 51 wirken gleichzeitig als vertikaler Anschlag für die Mikrostrukturen 18 im Überlastfall. Zudem sei betont, dass zur Realisierung
15 eines Drehratensensors der Herstellungsprozess des verkapselten Mikrostrukturbauelementes derart erfolgt, dass der Hohlraum 40 ein Vakuum mit einem Druck von beispielsweise 1 mbar einschließt.

20 Als Materialien zur Herstellung der Beschichtung 50 in Form einer Metallschicht eignen sich vor allem Chrom, Aluminium, Gold, Platin, Titan, Silber oder Kombinationen oder Legierungen derselben.

25 Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die Beschichtung 50 zwei Teilschichten, eine Metallschicht und eine die Haftung auf der Glasschicht verbessernde Haftschicht, aufweist, wobei die Haftschicht bevorzugt eine Chromschicht, eine Wolfram-Titan-Schicht oder eine Chrom-Kupfer-Schicht
30 ist und eine Dicke von lediglich einigen Nanometern aufweist. Eine solche Dicke ist ausreichend, da die Beschichtung 50 in der Regel keine Ströme trägt und lediglich elektrostatischen Aufladungen entgegentreten muss. Andererseits ist auf diese Weise gewährleistet, dass das eingesetzte an-

odische Bonden problemlos verläuft. So wird durch die Elastizität der Glasschicht 51 und die auftretenden anziehenden Oberflächenkräfte zwischen Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14 eine gute Adhäsion trotz der durch die Beschichtung 50 hervorgerufene Topografie der Oberfläche der Glasschicht 51 erreicht.

Die Figuren 4 bis 6 erläutern ein zweites Ausführungsbeispiel, wobei die Mikrostrukturen 18 bzw. die Mikrokontaktierungsstruktur 27 gegenüber der Siliziumschicht 14 nicht rückgesetzt bzw. versenkt ist. Weiter ist in Figur 5 dargestellt, dass auch die Siliziumschicht 14 je nach Anwendungsfall Isolationsgräben 26 aufweisen kann, die in üblicher Weise analog den Gräben 19 erzeugt worden sind. Diese Isolationsgräben 26 dienen beispielsweise der elektrischen Trennung verschiedener Bereiche der Siliziumschicht 14.

Die Figur 4 zeigt, dass die Glasschicht 51 aus Pyrex-Glas in diesem Ausführungsbeispiel eine Kaverne 49 aufweist, die derart dimensioniert ist, dass sie den von den Mikrostrukturen 18 bzw. der Mikrokontaktierungsstruktur 27 eingenommenen Bereich in der Siliziumschicht 14 überdeckt. Die Kaverne 49 bildet somit nach dem Verbinden der Glasschicht 51 mit der Siliziumschicht 14 eine Kappe über den Mikrostrukturen 18, wodurch erneut ein Hohlraum 40 entsteht, d.h. die Kaverne 49 ersetzt das Versenken der Mikrostrukturen 18 gemäß Figur 1.

Im Einzelnen ist vorgesehen, dass die Kaverne 49 in der Glasschicht 51 eine Tiefe von wenigen Mikrometern, beispielsweise 1 μm bis 10 μm , aufweist, und dass auf die Glasschicht 51 im Bereich der Kaverne 49 und darüber hinaus in dem Randbereich 55 erneut eine Beschichtung 50 aufgebracht ist, die analog der Beschichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist.

rungsbeispiel ist. Insbesondere weist diese Beschichtung 50 eine Dicke von 10 nm bis 50 nm auf.

5 Da durch die Beschichtung 50 bei dem anodischen Bonden von Siliziumschicht 14 und Glasschicht 51 keine Rücksicht mehr auf elektrostatische Anziehungskräfte und Aufladungen genommen werden muss, genügt eine Tiefe der Kaverne 49 von wenigen Mikrometern, d.h. diese kann sowohl nasschemisch durch Ätzen mit einer Flusssäurelösung als auch trockenchemisch
10 durch Ätzen mit reaktiven Fluorplasmen in die Glasschicht 51 eingeätzt worden sein.

Die Figur 4 zeigt zudem, dass die Kaverne 49 Seitenwandprofile aufweist, die sich nach innen, d.h. in Richtung auf den
15 Kavernenboden hin, verengen. Dies erleichtert ein anschließendes Aufbringen der Beschichtung 50 auf die Seitenwände und den Boden der Kaverne 49 sowie auch auf den sich in die Glasschicht 51 erstreckenden Randbereich 55. Weiter ist wichtig, dass die Kaverne 49, die bevorzugt die Form einer
20 Wanne hat, umlaufend einen verrundeten Rand 58 aufweist, der ebenfalls mit der Beschichtung 50 versehen ist.

Zur Herstellung der Kaverne 49 mit verrundetem Rand 58 können einerseits bekannte Plasmaätzprozesse eingesetzt werden.
25 Andererseits eignen sich jedoch auch Nassätztechniken, da angesichts der geringen Ätztiefen von wenigen Mikrometern auch eine Fotolackmaskierung ausreichend ist.

Da weiter Flusssäure bekanntermaßen eine Fotolackmaskierung
30 an Kanten unterkriecht, entsteht automatisch ein Profil der Kaverne 49, das in Richtung auf den Kavernenboden isotrop hinterschnitten ist, und das sich im Bereich des verrundeten Randes 58 flach nach außen zieht. Somit wird durch den isotropen Ätzcharakter einer Flusssäurelösung und das Unter-

kriechen bereits eine konkave Seitenwandfläche im oberen Teil der Kaverne 49 erhalten, die flach ausläuft.

5 Bevorzugt wird ein Plasmaätzen und ein Nassätzen miteinander kombiniert, da sich einerseits durch das Plasmaätzen zunächst in einfacher Weise ein sich in Richtung auf den Kavernenboden verengendes Seitenwandprofil realisieren lässt, und andererseits durch ein anschließendes Überätzen, beispielsweise mit einer Flusssäurelösung, das erläuterte Unter-
10 terkriechen der Lackmaske die Kanten der Kaverne 49 beseitigt, so dass ein verrundeter Rand 58 entsteht, der flach ausläuft.

Auf diese Weise ist gewährleistet, dass die Kaverne 49 für
15 eine nachfolgende Metallisierung bzw. ein nachfolgendes Aufbringen der Beschichtung 50 derart geformt ist, dass sich eine gleichmäßige Metallisierung an allen Stellen der Oberfläche der Kaverne 49 einstellt, ohne dass diese an scharfen Kanten abzureißen droht, was einen zuverlässigen elektrischen Kontakt zwischen der Beschichtung 50 und der Silizium-
20 schicht 14 verhindern würde.

Die Beschichtung 50 gemäß Figur 4 wird im Übrigen wie auch im Fall der Figur 1 bevorzugt durch Aufputtern aufgebracht.

25 Die Figur 5 erläutert einen weiteren Verfahrensschritt, bei dem die Glasschicht 51 mit der Kaverne 49 und der Beschichtung 50 mit der Oberfläche der Siliziumschicht 14 in Kontakt gebracht wird. Dabei ist wesentlich, dass die Kaverne 49 ex-
30 akt oberhalb der Mikrostrukturen 18 platziert wird, so dass die Beschichtung 50 erneut in einem bevorzugt in sich geschlossenen, umlaufenden Randbereich 55 mit der Siliziumschicht 14 in Kontakt ist. Aufgrund der Höhe der Beschichtung 50 von 10 nm bis 50 nm entstehen gemäß Figur 5 analog

zu Figur 2 Taschenbereiche 54, die jedoch nicht weiter störend sind.

5 Hinsichtlich der Justage der mit der Kaverne 49 versehenen Glasschicht 51 ist vorteilhaft, wenn die auf der den Mikrostrukturen 18 abgewandten Seite der Glasschicht 51 aufgebrachte Leitschicht 52 zunächst noch nicht vorhanden ist, da dann die Justage in einfacher Weise optisch durch die durchsichtige Glasschicht 51 erfolgen kann. Sofern die Leit-

10 schicht 52 bereits vorhanden ist, werden zur Justage beispielsweise Justage-Markierungen eingesetzt, die die relative Position von Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14 zueinander definieren.

15 Da die Beschichtung 50 gemäß Figur 5 in einem Randbereich 55 über die Kaverne 49 hinausgeht, wird bei dem anodischen Bonden von Glasschicht 51 und Siliziumschicht 14, was analog dem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt, die Beschichtung 50 in der Adhäsionsphase beim Bonden gegen die Siliziumschicht

20 14 gedrückt und damit elektrisch mit dieser kontaktiert.

Die Figur 6 erläutert analog zu Figur 3 wie die Rückseite des Substrates 10 mit Anschlusskontaktierungsstrukturen 25, Kontaktflächen 28 und Isolationsgräben 26 versehen wird. Da-

25 bei ist erneut vorgesehen, dass die Beschichtung 50 über die Siliziumschicht 14 und eine Leitstruktur 12 elektrisch leitend mit einer Anschlusskontaktierungsstruktur 25 verbunden ist, so dass beispielsweise das elektrische Potential der Beschichtung 50 dynamisch mit einem elektrischen Potential

30 der Mikrostrukturen 18 mitgeführt werden kann. Auf diese Weise erhält man insgesamt ein hermetisch dicht verkapptes Mikrostrukturbauelement, das elektrisch gegenüber äußeren Feldern abgeschirmt ist. Gleichzeitig beschränkt die Höhe

der Kaverne 49 die maximale Auslenkung der Mikrostrukturen 28 beispielsweise bei Überlast.

Die Figuren 7 bis 9 erläutern ein drittes Ausführungsbeispiel, das sich von dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 4 bis 6 lediglich dadurch unterscheidet, dass ausgehend von Figur 4 oder alternativ einer zunächst ganzflächigen Metallisierung der den Mikrostrukturen 18 zugewandten Seite der Glasschicht 51 mit der Kaverne 49 die Glasschicht 51 mit der Beschichtung 50 flächig abpoliert und somit, abgesehen von dem Bereich der Kaverne 49, von der Beschichtung 50 wieder befreit wird. Auf diese Weise entsteht automatisch ein planarer verrundeter Übergang von Glasschicht 51 in die Beschichtung 50 im Bereich des verrundeten Randes 58.

In Figur 7 ist weiter abweichend von Figur 4 vorgesehen, dass die Beschichtung 50 deutlich dicker, beispielsweise 0,5 bis 5 μm dick, gewählt ist, was dazu führt, dass bei einem Verbinden der Glasschicht 51 mit der Siliziumschicht 14 gemäß Figur 8 der Überlapp von Beschichtung 50 und Siliziumschicht 14 in den Randbereichen 55 vergrößert ist. Somit entsteht bei dem anodischen Bonden gemäß Figur 8 in den Randbereichen 55 zumindest punktuell eine Legierung aus dem Material der Beschichtung 50, d.h. einem Metall, mit dem Silizium aus der Siliziumschicht 14, was zu einem besonders guten elektrischen Kontakt zwischen Beschichtung 50 und Siliziumschicht 14 führt.

Der Vorteil des Ausführungsbeispiels gemäß den Figuren 7 bis 9 gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 4 bis 6 liegt darin, dass keine die Verbindung von Siliziumschicht 14 und Glasschicht 51 beeinträchtigenden Topografieunterschiede auftreten, die zu der Ausbildung der Taschenbereiche

54 führen. Weiter kann und soll die Beschichtung 50 in dem dritten Ausführungsbeispiel vergleichsweise dick gewählt werden, das dies zu einer verbesserten elektrischen Abschirmung und einer verbesserten Diffusionssperrwirkung gegen den Austritt von Sauerstoff aus der Glasschicht 51 in den Hohlraum 40 führt. Die Fertigstellung des Mikrostrukturbauelementes gemäß Figur 9 entspricht der bereits erläuterten Figur 6.

Ein viertes, mit Hilfe der Figur 10 erläutertes Ausführungsbeispiel geht zunächst anstelle einer Glasschicht 51 in Form einer relativ dicken Pyrex-Glasplatte von einem Siliziumwafer bzw. einer Siliziumschicht 56 aus, auf der oberflächlich die Glasschicht 51 in Form einer dünnen Pyrex-Glasschicht aufgebracht ist, die eine Dicke von 1 μm bis 50 μm hat. Dazu wurde zunächst ein Plättchen oder ein Wafer aus Pyrex-Glas in bekannter Weise mit dem Siliziumwafer 56 verbunden und anschließend mechanisch zurückgeschliffen, so dass die Glasschicht 51 mit einer Schichtdicke von 20 μm bis 50 μm erhalten wurde. Alternativ kann das Aufbringen von Pyrex-Glas auf den Siliziumwafer 56 insbesondere in dem späteren Bondbereich jedoch auch durch Aufputtern einer beispielsweise 1 μm dicken Pyrex-Schicht und nachträgliches Polieren erfolgen.

Da bei dem erläuterten Rückschleifen die erreichte Dicke der Glasschicht 51 kein kritischer Parameter ist und sie auch einen Gang über der Oberfläche des Siliziumwafers 56 aufweisen kann, ist das Rückschleifen ein relativ kostengünstiger Prozess ohne hohe Genauigkeitsanforderungen. Wesentlich ist lediglich, dass die Restschichtdicke der Glasschicht 51 deutlich größer als die Tiefe der nachfolgend erzeugten Kaverne 49 ist. Weiter ist wesentlich, dass bei dem Erzeugen der Kaverne 49 die Glasschicht 51 nicht bis auf den Silizi-

umwafer 56 durchgeätzt wird, d.h. es muss auch im Bereich der Kaverne 49 eine Dicke der Glasschicht 51 verbleiben, die eine hinreichende elektrische Isolation zwischen dem Siliziumwafer 56 und der schließlich erzeugten Beschichtung 50 gewährleistet. Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 10 ist im Übrigen völlig analog zu dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 7 bis 9.

Ein fünftes Ausführungsbeispiel, das mit Hilfe der Figur 11 erläutert wird, geht von dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 10 aus, wobei zwischen der Glasschicht 51 und dem Siliziumwafer 56 zusätzlich eine Isolationsschicht 57, beispielsweise aus einem thermisch erzeugten Siliziumoxid, vorgesehen ist. Diese Isolationsschicht 57 hat eine Dicke von 1 μm bis 2 μm und dient der elektrischen Isolation des Siliziumwafers 56 gegenüber der Glasschicht 51. Zur Erzeugung der Isolationsschicht 57 auf dem Siliziumwafer 56 ist vorgesehen, dass dieser zunächst thermisch oxidiert wird, und dass anschließend die Pyrex-Glasplatte vor dem Rückschleifen mit der thermisch oxidierten Oberfläche des Siliziumwafers 56 verbunden wird. Alternativ kann jedoch auch in diesem Fall die Glasschicht 51 zunächst aufgesputtert und anschließend poliert worden sein.

Durch die zusätzliche Isolationsschicht 57 wird gegenüber Figur 10 erreicht, dass selbst dann, wenn die Restschichtdicke der rückgeschliffenen Glasschicht 51 einmal kritisch dünn werden sollte, das Isolationsoxid immer noch eine ausreichende elektrische Durchschlagsfestigkeit gegenüber einer bei einem nachfolgenden anodischen Bonden der Glasschicht 51 mit der Siliziumschicht 14 angelegten elektrischen Spannung sicherstellt. Ansonsten entspricht das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 11 dem bereits mit Hilfe der Figuren 7 bis 9 erläuterten Ausführungsbeispiel.

5

Patentansprüche

- 10 1. Mikrostrukturbauelement, insbesondere verkapptes mikrome-
chanisches Sensorelement, mit mindestens einer Mikrostruktur,
die mit einem Glaskörper verkappt ist, dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest der die Mikrostruktur (18) überdeckende Bereich
des Glaskörpers (51) auf seiner der Mikrostruktur (18) zugewand-
15 ten Seite mit einer elektrisch leitfähigen Beschichtung (50)
versehen ist.
2. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die Mikrostruktur (18) aus einer Schicht (14),
20 insbesondere einer Siliziumschicht, herausstrukturiert ist, und
dass der Glaskörper (51) bereichsweise mit der Schicht (14) ver-
bunden ist.
3. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
25 gekennzeichnet, dass die Beschichtung (50) mindestens eine Me-
tallschicht, insbesondere eine Chromschicht, Aluminiumschicht,
Goldschicht, Platinschicht, Nickelschicht, eine Silberschicht
oder eine Kombination derselben, aufweist.
- 30 4. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die Beschichtung (50) neben der Metallschicht ei-
ne mit dem Glaskörper (51) verbundene Haftschrift, insbesondere
eine Chromschicht, eine Wolfram-Titan-Schicht oder eine Chrom-
Kupfer-Schicht, aufweist.

5. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (50) eine Dicke von 3 nm bis 5 µm aufweist.
- 5
6. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (50) sich über den die Mikrostruktur (18) überdeckenden Bereich des Glaskörpers (51) hinaus erstreckt und in einem insbesondere in sich geschlossenen Randbereich (55) elektrisch leitend mit der Schicht (14) verbunden ist.
- 10
7. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Randbereich (55) zumindest bereichsweise oder punktuell eine Legierung aus dem Material der Beschichtung (50) mit dem Material der Schicht (14), insbesondere eine Metall-Silizium-Legierung, vorliegt.
- 15
8. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (50) von außerhalb der verkappten Mikrostruktur (18) elektrisch kontaktierbar ist.
- 20
9. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Glaskörper (51) eine 100 µm bis 2 mm dicke Glasplatte oder eine mit einem Tragkörper verbundene, 1 µm bis 100 µm dicke Glasschicht ist.
- 25
10. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Glaskörper (51) aus einem ein Alkali-Element enthaltenden Glas, insbesondere Pyrex-Glas, besteht.
- 30

11. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Glaskörper (51) auf seiner der Mikrostruktur (18) abgewandten Seite zumindest bereichsweise mit einer Leitschicht (52), insbesondere einer Metallschicht (52), versehen ist.

12. Mikrostrukturbauelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Tragkörper eine Siliziumschicht (56), insbesondere ein Siliziumwafer, oder eine Schichtanordnung mit einer Siliziumschicht (56) und einer die Glasschicht von der Siliziumschicht (56) trennenden Isolationsschicht (57) ist.

13. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Mikrostruktur (18) und der Beschichtung (50) ein Hohlraum (40) eingeschlossen ist.

14. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrostruktur (18) mit dem Glaskörper (51) hermetisch dicht, insbesondere bei einem Druck von 10 mbar bis 0,1 mbar, verkappt ist.

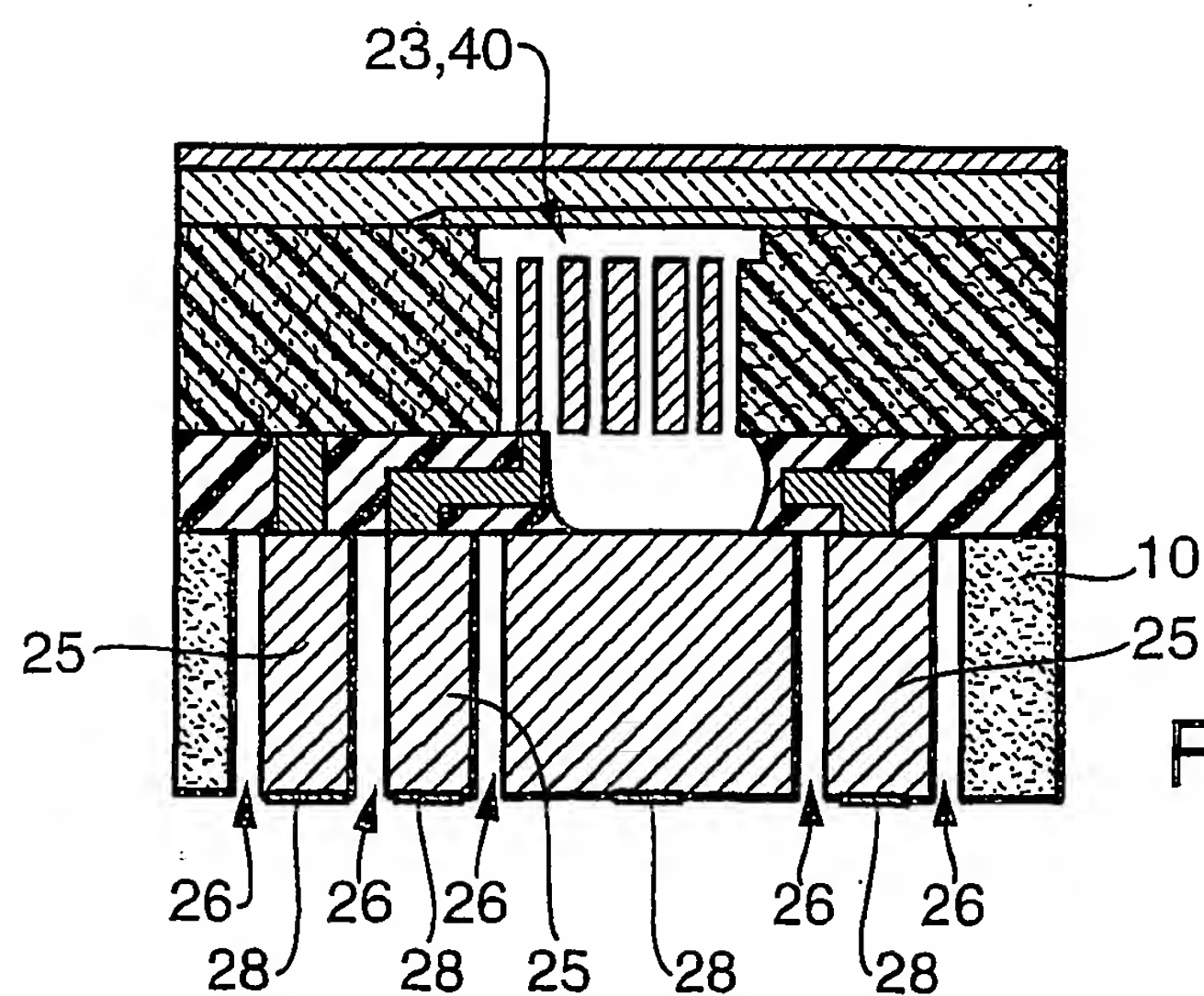
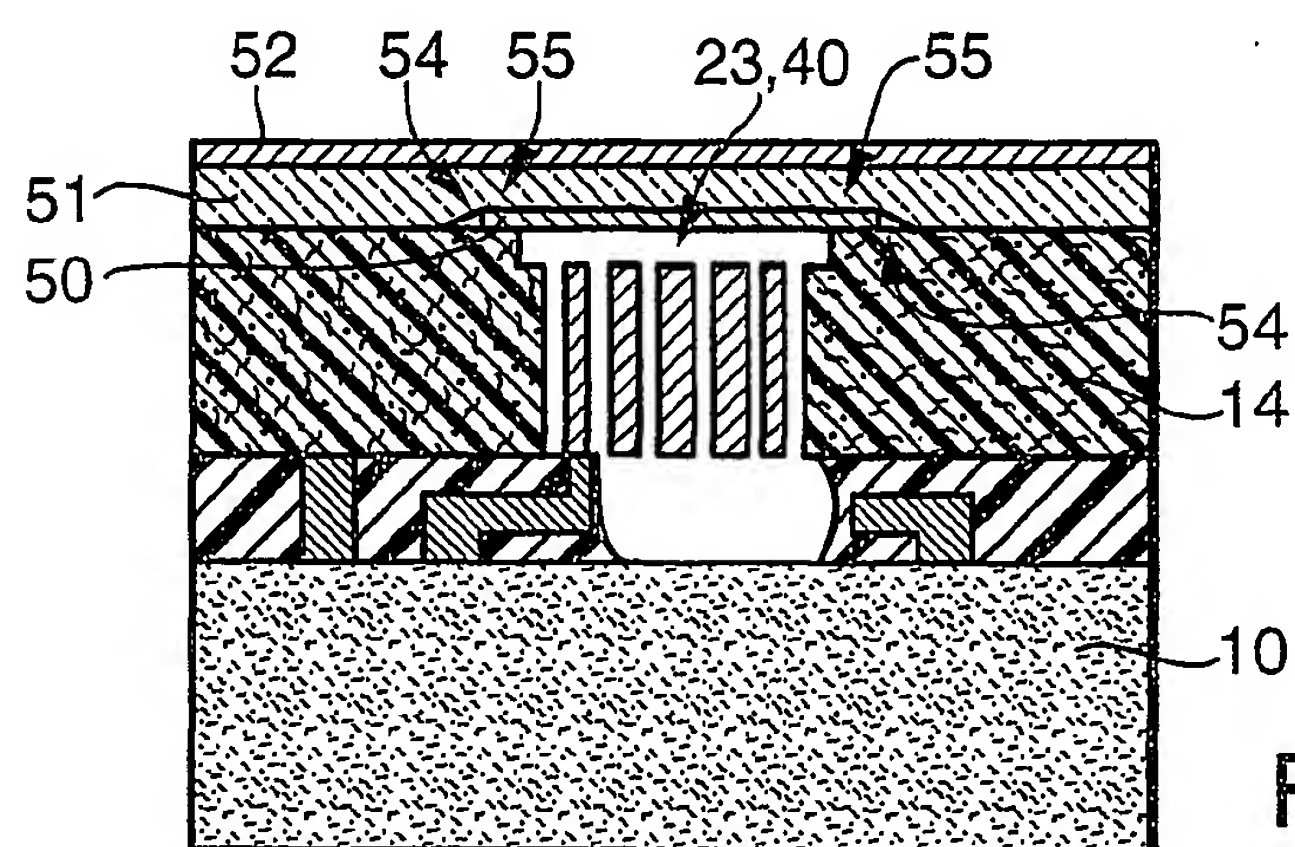
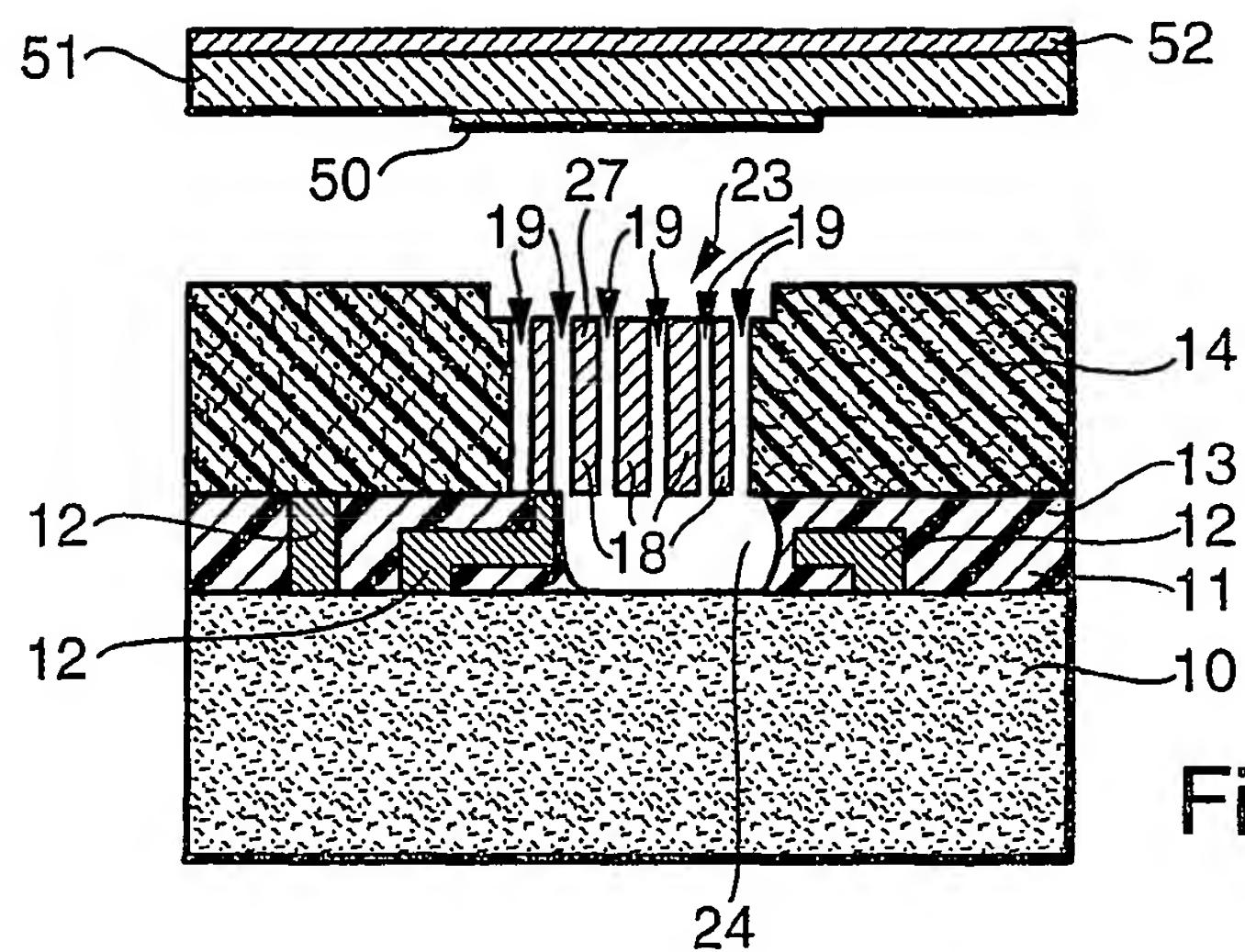
15. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Glaskörper (51) in dem die Mikrostruktur (18) überdeckenden Bereich eine Strukturierung, insbesondere eine Kaverne (49), aufweist, die oberflächlich mit der elektrisch leitfähigen Beschichtung (50) versehen ist.

16. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kaverne (49) eine Tiefe von 1 μm bis 20 μm aufweist.

17. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kaverne (49) wannenförmig ausgebildet ist und umlaufend einen verrundeten Rand (58) aufweist, der mit der elektrisch leitfähigen Beschichtung (50) versehen ist.

18. Mikrostrukturbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kaverne (49) insbesondere allseitig derart schräg stehende oder gewölbte, mit der elektrisch leitfähigen Beschichtung (50) versehene Seitenwände aufweist, dass sich die Kaverne (49) in Richtung auf den Kaverneboden hin verjüngt.

1/4



2/4

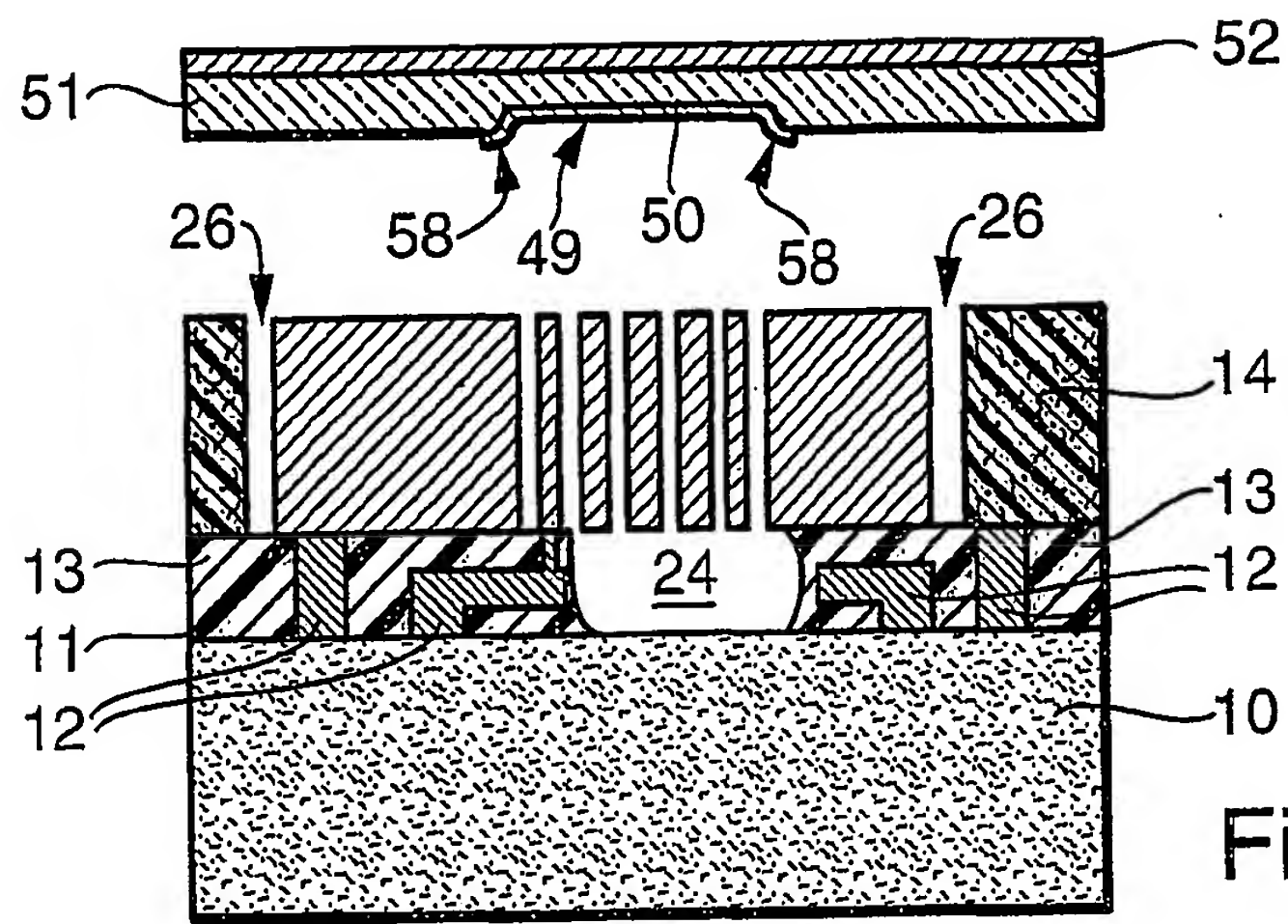


Fig. 4

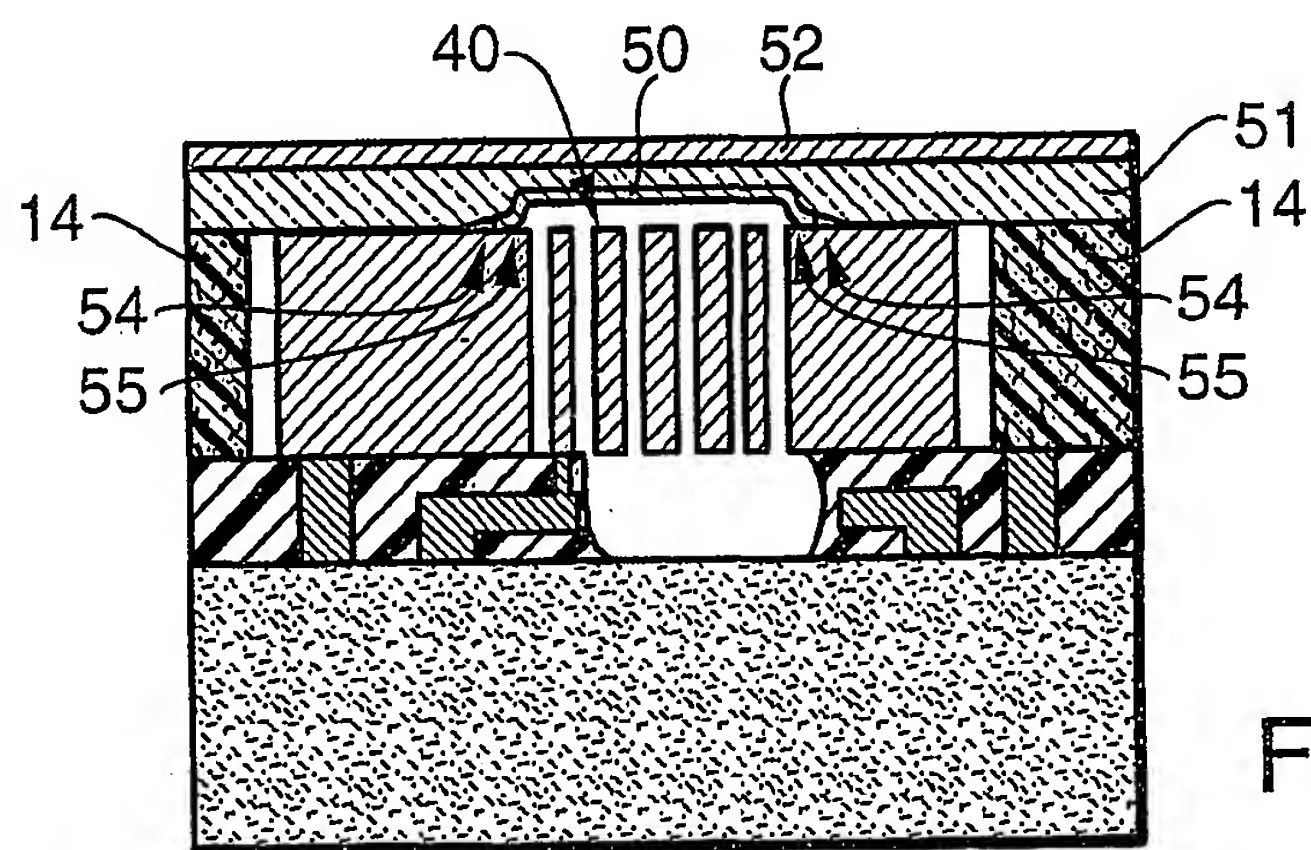


Fig. 5

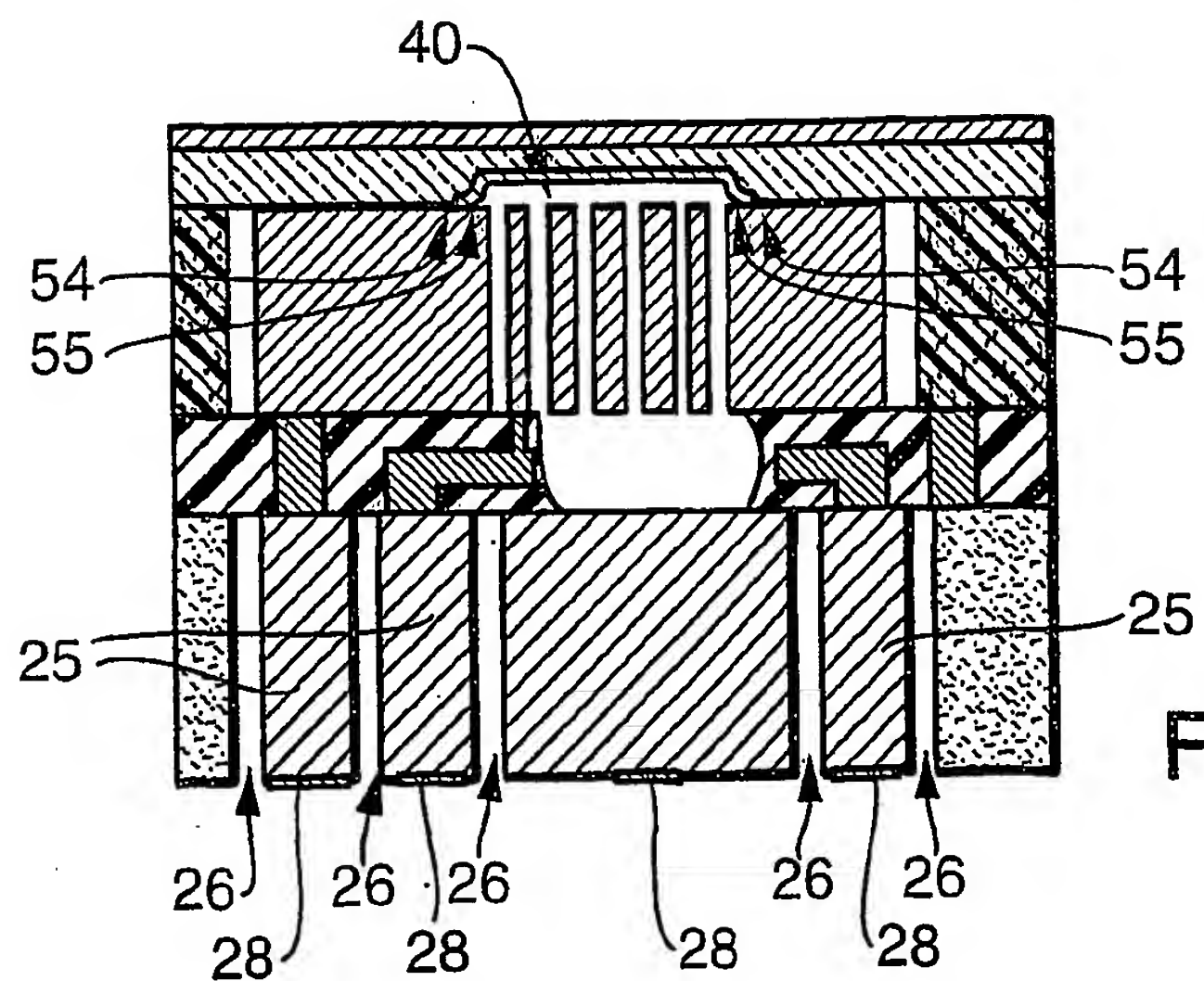


Fig. 6

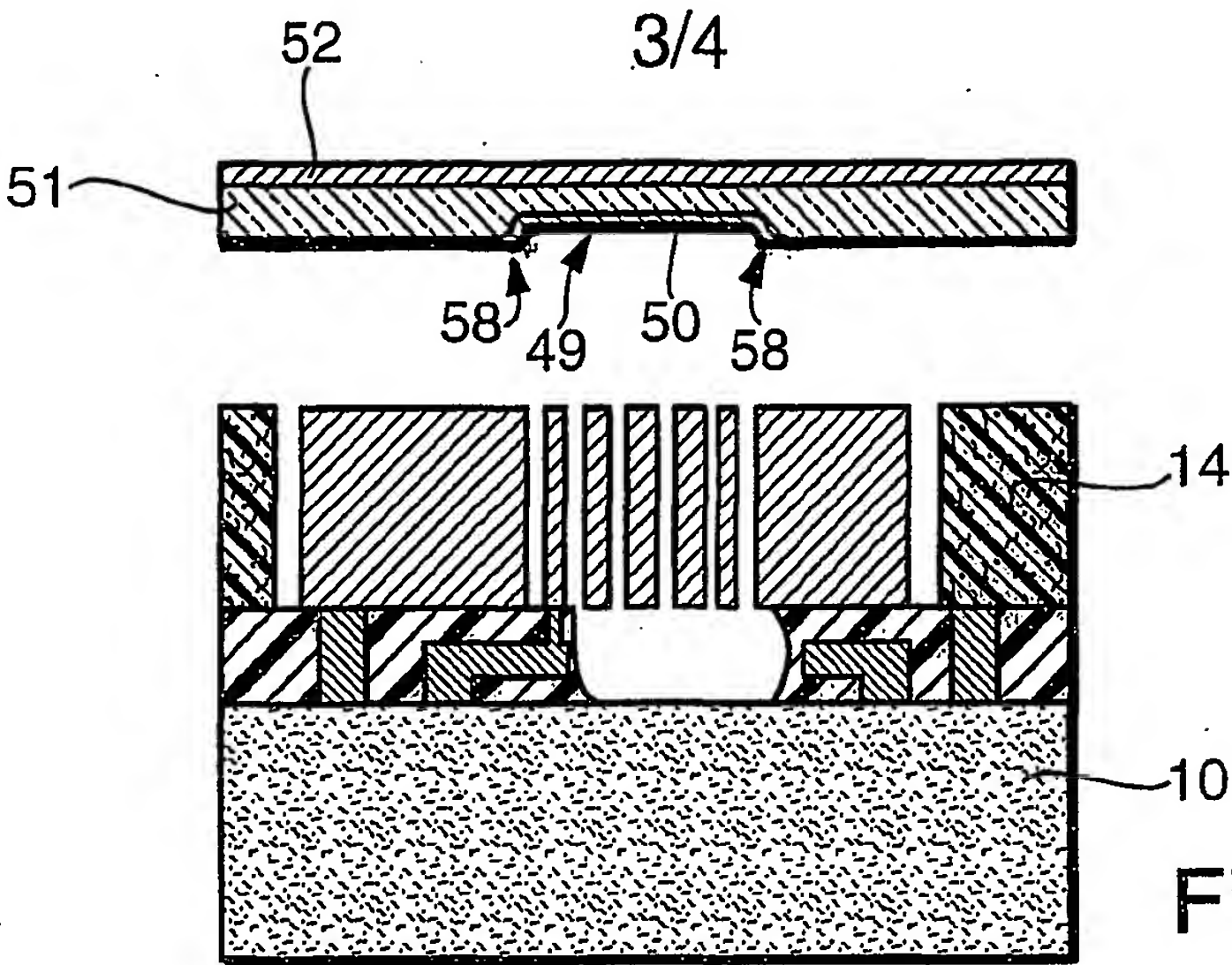


Fig. 7

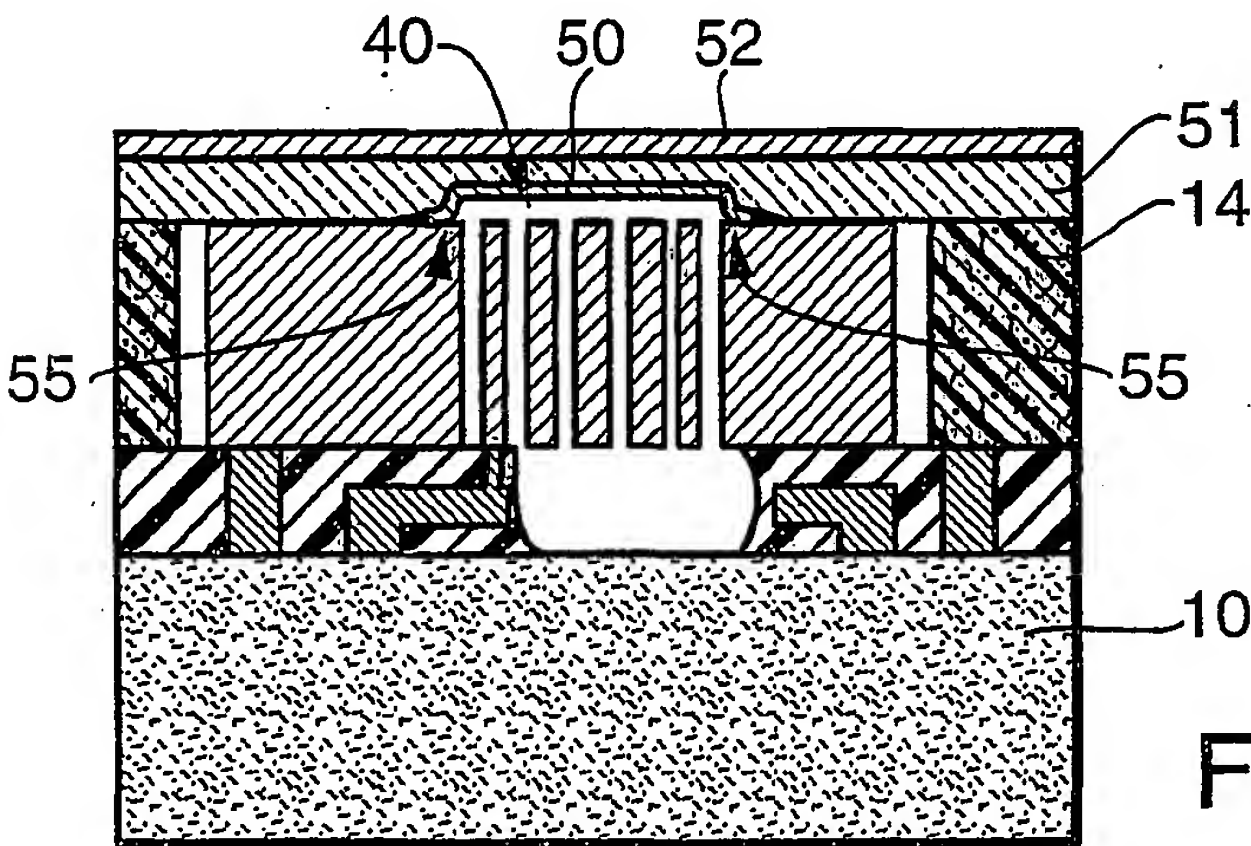


Fig. 8

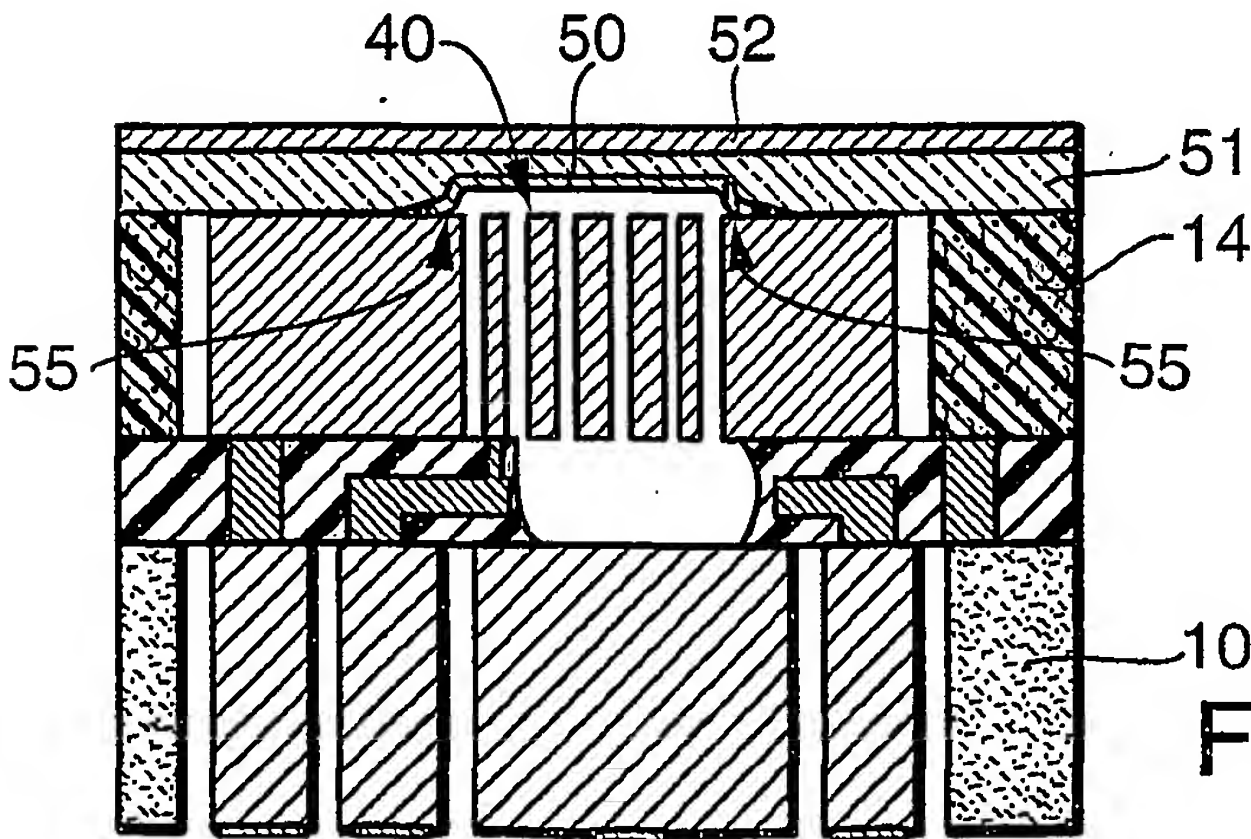


Fig. 9

4/4

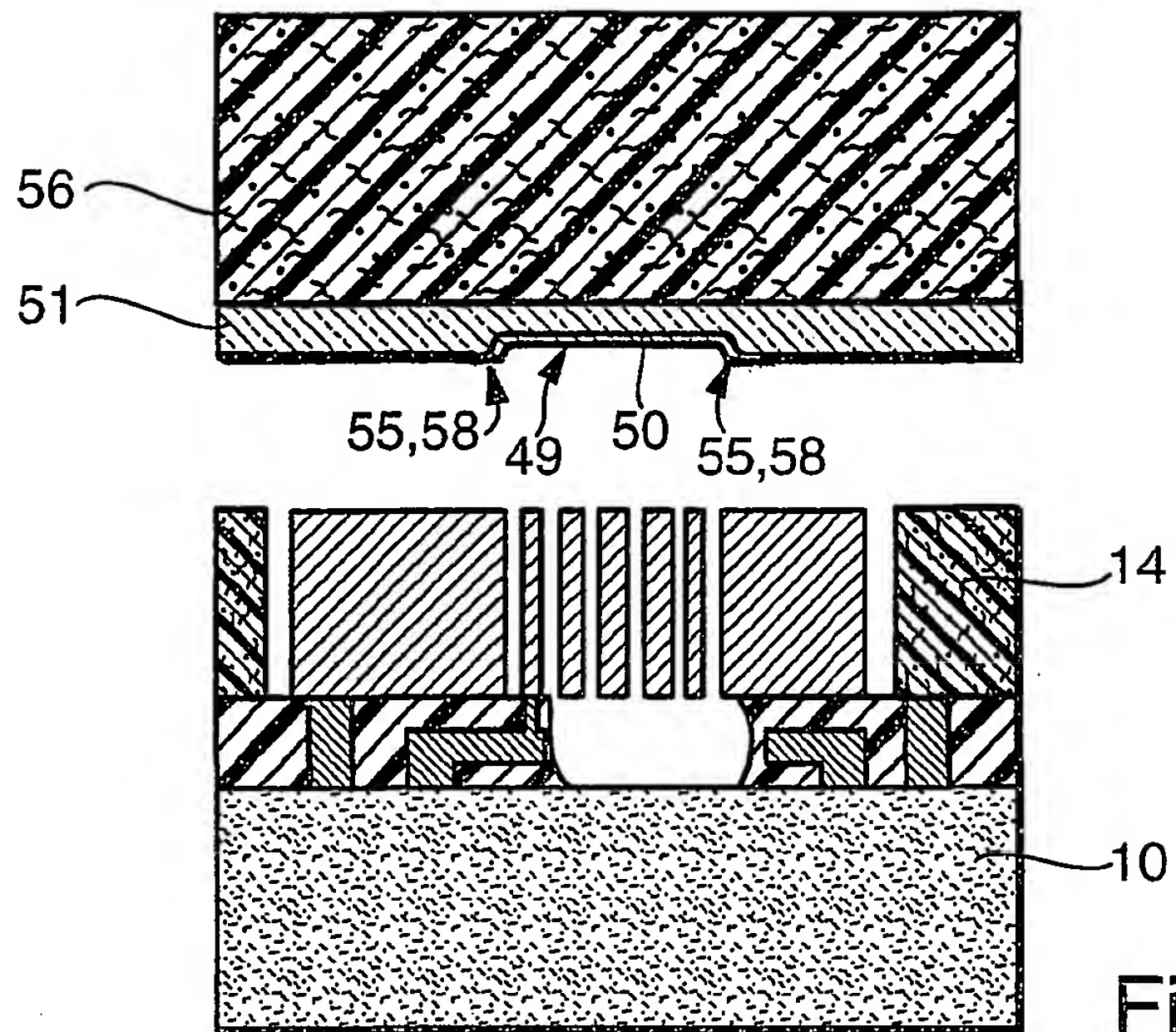


Fig. 10

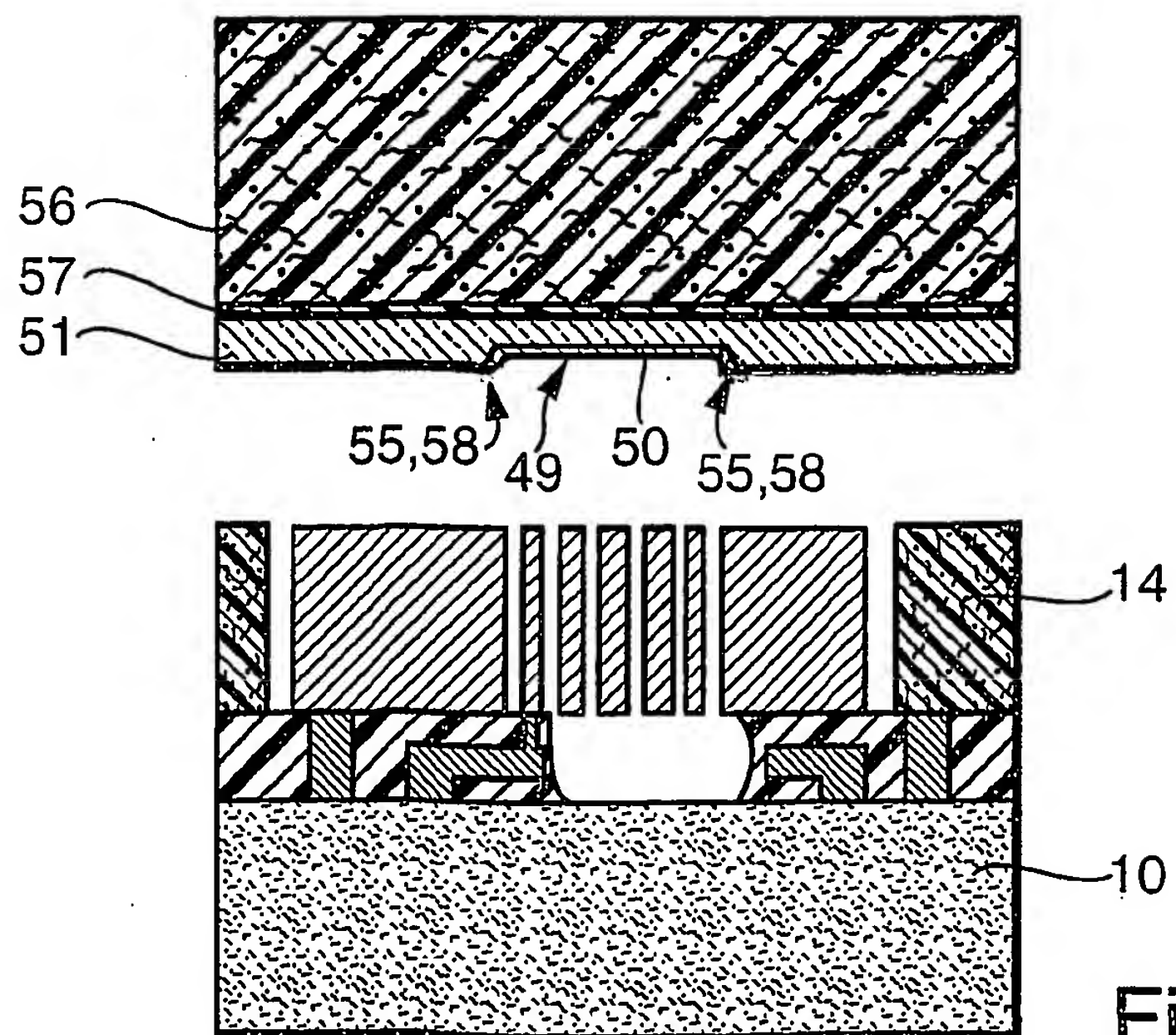


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.
PCT/DE. 01/03882A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B81B7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ESASHI M ET AL: "Anodic bonding for integrated capacitive sensors" MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1992, MEMS '92, PROCEEDINGS. AN INVESTIGATION OF MICRO STRUCTURES, SENSORS, ACTUATORS, MACHINES AND ROBOT. IEEE TRAVEMUNDE, GERMANY 4-7 FEB. 1992, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 4 February 1992 (1992-02-04), pages 43-48, XP010057236 ISBN: 0-7803-0497-7 figures 1,4 paragraph 'FEEDTHROUGH! --- -/--	1-18

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 February 2002

Date of mailing of the international search report

05/03/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Polesello, P.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No

PCT/DE 01/03882

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 962 275 A (DELPHI TECH INC) 8 December 1999 (1999-12-08) figure 2 paragraphs '0012!, '0017!-'0028!	1,3-5, 8-11, 13-18
A	-----	2,6,7,12
X	EP 0 994 330 A (SENSOR ASA) 19 April 2000 (2000-04-19) figures 2-15 paragraphs '0018!, '0020!-'0048!	1-3, 5-11, 14-16
A	-----	4,12,13, 17,18
X	HENMI H ET AL: "VACUUM PACKAGING FOR MICROSENSORS BY GLASS-SILICON ANODIC BONDING" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. A43, no. 1/3, 1 May 1994 (1994-05-01), pages 243-248, XP000454118 ISSN: 0924-4247 figure 10 page 246, column 2, line 7 - line 23	1,2,5, 9-12,14
A	-----	3,4,6-8, 15-18
X	UEDA M ET AL: "DEVELOPMENT OF MICROMACHINED SILICON ACCELEROMETER" SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW, OSAKA, JP, no. 38, 1 June 1994 (1994-06-01), pages 72-77, XP000567200 ISSN: 0376-1207 figures 1,4 paragraph '02.4!	1-3,5, 8-11,14
A	-----	4,6,7, 15-18
A	EP 0 136 249 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 3 April 1985 (1985-04-03) figures 1-6 page 5, line 20 -page 9, line 34 -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/03882

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0962275	A	08-12-1999	US 6062461 A	16-05-2000
			EP 0962275 A2	08-12-1999
EP 0994330	A	19-04-2000	EP 0994330 A1	19-04-2000
			BR 9904435 A	24-10-2000
			CN 1250871 A	19-04-2000
			JP 2000155030 A	06-06-2000
			US 6319729 B1	20-11-2001
EP 0136249	A	03-04-1985	US 4467394 A	21-08-1984
			DE 3481140 D1	01-03-1990
			EP 0136249 A2	03-04-1985
			JP 1750233 C	08-04-1993
			JP 4031052 B	25-05-1992
			JP 60071927 A	23-04-1985

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 01/03882

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B81B7/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B81B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ESASHI M ET AL: "Anodic bonding for integrated capacitive sensors"</p> <p>MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1992, MEMS '92, PROCEEDINGS. AN INVESTIGATION OF MICRO STRUCTURES, SENSORS, ACTUATORS, MACHINES AND ROBOT. IEEE TRAVEMUNDE, GERMANY 4-7 FEB. 1992, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US,</p> <p>4. Februar 1992 (1992-02-04), Seiten 43-48, XP010057236</p> <p>ISBN: 0-7803-0497-7</p> <p>Abbildungen 1,4</p> <p>Absatz 'FEEDTHROUGH!</p> <p>---</p> <p>-/--</p>	1-18

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Februar 2002

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/03/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Polesello, P

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/03882

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 962 275 A (DELPHI TECH INC) 8. Dezember 1999 (1999-12-08) Abbildung 2 Absätze '0012!, '0017!-'0028!	1,3-5, 8-11, 13-18
A	---	2,6,7,12
X	EP 0 994 330 A (SENSOR ASA) 19. April 2000 (2000-04-19) Abbildungen 2-15 Absätze '0018!, '0020!-'0048!	1-3, 5-11, 14-16
A	---	4,12,13, 17,18
X	HENMI H ET AL: "VACUUM PACKAGING FOR MICROSENSORS BY GLASS-SILICON ANODIC BONDING" SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, Bd. A43, Nr. 1/3, 1. Mai 1994 (1994-05-01), Seiten 243-248, XP000454118 ISSN: 0924-4247 Abbildung 10 Seite 246, Spalte 2, Zeile 7 - Zeile 23	1,2,5, 9-12,14
A	---	3,4,6-8, 15-18
X	UEDA M ET AL: "DEVELOPMENT OF MICROMACHINED SILICON ACCELEROMETER" SUMITOMO ELECTRIC TECHNICAL REVIEW, OSAKA, JP, Nr. 38, 1. Juni 1994 (1994-06-01), Seiten 72-77, XP000567200 ISSN: 0376-1207 Abbildungen 1,4 Absatz '02.4!	1-3,5, 8-11,14
A	---	4,6,7, 15-18
A	EP 0 136 249 A (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 3. April 1985 (1985-04-03) Abbildungen 1-6 Seite 5, Zeile 20 -Seite 9, Zeile 34 -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 01/03882

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0962275 A	08-12-1999	US 6062461 A EP 0962275 A2	16-05-2000 08-12-1999
EP 0994330 A	19-04-2000	EP 0994330 A1 BR 9904435 A CN 1250871 A JP 2000155030 A US 6319729 B1	19-04-2000 24-10-2000 19-04-2000 06-06-2000 20-11-2001
EP 0136249 A	03-04-1985	US 4467394 A DE 3481140 D1 EP 0136249 A2 JP 1750233 C JP 4031052 B JP 60071927 A	21-08-1984 01-03-1990 03-04-1985 08-04-1993 25-05-1992 23-04-1985